

膝前十字靭帯再建術後における 競技復帰時期の膝筋力の検討 —性別・スポーツレベルを考慮した目標値—

Isokinetic muscle strength parameters of return to sports after knee
anterior cruciate ligament reconstruction surgery

—Target value of muscle strength related to gender and sports level—

田中龍太*¹, 今屋 健*¹, 藤島理恵子*¹
中山誠一郎*¹, 川村麻衣子*¹, 内山英司*²

キー・ワード：anterior cruciate ligament, knee muscle strength, target value
膝前十字靭帯, 膝筋力, 目標値

【要旨】 膝前十字靭帯再建術後の膝筋力を等速性測定器を用いて、体重あたりのピークトルク (Nm/kg) 値で、復帰時期の目標値を設定することを目的とした。対象は、男性 306 例と女性 362 例で、性別と 3 群のスポーツレベルに分類した。健側と患側の膝伸筋と膝屈筋を 60deg/sec (60d/s) と 180deg/sec (180 d/s) で測定し、平均値の差を比較した。結果は、男女共にレベル別に筋力差があった。患側の膝伸筋の目標値は、レベルの高い順に男性 60d/s で、2.8, 2.6, 2.3, 180d/s で 1.8, 1.7, 1.6。女性 60d/s で、2.2, 2.1, 1.7, 180d/s で 1.7, 1.5, 1.3 と設定できた。

はじめに

膝前十字靭帯 (以下 ACL) 再建術後の競技復帰までには、一定期間を要することが知られている¹⁾。競技復帰時期には様々な客観的評価を行うが、その評価の 1 つに膝の筋力評価がある。ACL 再建術後の膝の筋力評価には等速性筋力測定器が用いられることが多く、復帰時期に健患比 80% 以上を復帰条件としている報告²⁻⁴⁾ が多く見受けられる。しかし健患比では、別府ら⁵⁾や舌ら⁶⁾が述べているように、健側の変動による影響があるため、純粹に患側の筋力回復を評価しているとは言い難い。我々も健患比に加え、健側・患側各々の体重あたりのピークトルク (以下体重比) での評価も重要であると考え、近年報告を重ねている^{7,8)}。また我々は臨床上、筋力は性別間やスポーツレベル

によって異なるという印象を持っている。健常者の筋力について川上ら⁹⁾は性別差が、若山ら¹⁰⁾はスポーツレベル差があることを報告している。そこで今回、ACL 再建術後の体重比を性別、スポーツレベル別に分類し、競技復帰時期における筋力目標値を体重比で設定することを目的として調査、検討を行った。

対 象

対象は 2010 年 1 月から 2012 年 12 月までの 3 年間に、当院スポーツ整形外科で半腱様筋・薄筋腱による解剖学的二重再建法を施行し、術後 8 カ月の筋力測定を行った症例である。症例数は 668 例で、内訳は、男性は 306 例、女性は 362 例であり、全例一側の初回再建例であった。

スポーツレベルは術前のレベルとし、当院で使用しているスポーツレベル分類 (表 1) をもとに、3 群に分類した。レベル 0 と 1 をカテゴリー 1 (運動しない、趣味レベル下級：以下 C1) とし、レベ

*1 関東労災病院中央リハビリテーション部

*2 関東労災病院スポーツ整形外科

ル2と3をカテゴリー2(趣味レベル上級, 県大会レベル: 以下C2)とし, レベル4と5をカテゴリー3(地方大会・全国大会レベル, プロ: 以下C3)とした(表2).

測定方法

筋力測定はBiodex System3(Biodex社製)を用い, 当院の競技復帰目標時期である術後8カ月に測定を行った. 健側および患側の膝伸展筋力(以下膝伸筋), 膝屈曲筋力(以下膝屈筋)の体重比(Nm/kg)を計測した. 角速度は, 60deg/sec(以下60d/s)と180deg/sec(以下180d/s)で行い, 施行回数は60d/sでは5回, 180d/sでは10回施行した.

比較項目

男女別に各カテゴリー間で, 1)60d/sでの健側, 患側の膝伸筋, 膝屈筋のピークトルクの体重比の

表1 当院におけるスポーツレベル分類

レベル0: スポーツ活動なし
レベル1: 趣味レベル下級 (週末運動, レクリエーション)
レベル2: 趣味レベル上級 (週3回程度, サークル, 市リーグ)
レベル3: 県大会レベル (一般体育学生, 県リーグ)
レベル4: 地方大会・全国大会レベル (国体・インカレ, インターハイレベル)
レベル5: トップレベル, プロ (プロリーグ, 実業団リーグ)

平均値の比較, 2)180d/sでの健側, 患側の膝伸筋, 膝屈筋のピークトルクの体重比の平均値の比較, 3)60d/s, 180d/sでの膝伸筋, 膝屈筋の健患比の平均値の比較を行った.

統計

ANOVAと多重比較法(Tukey)を用い, 平均値の差の検定を行った. データ解析は, 統計ソフトDr.SPSS IIを使用し, 有意水準は $P < 0.05$ とした.

倫理的配慮

本研究は, 事前に対象者に十分な説明を行い, 書面による同意を得て行った.

結果

男性(表3)(表4)

健側, 患側共に, カテゴリー間で筋力差がみられた. 60d/sでは健側, 患側の膝伸筋, 膝屈筋ともにC1とC2, C1とC3間に有意差がみられた. 180d/sでは患側の膝伸筋でC1とC2間, C1とC3間に有意差があり, 健側, 患側の膝屈筋においてC1とC2間に有意差がみられた. 健患比は, 全てのレベルで膝伸筋, 膝屈筋ともに80%以上であった.

女性(表5)(表6)

健側, 患側共に, カテゴリー間で筋力差がみられた. 60d/s, 180d/sの健側, 患側の膝伸筋, 膝屈筋ともにC1とC2, C1とC3間に有意な差がみら

表2 対象者と主なスポーツ種目

性別	人数(名)	年齢(才)	体重(kg)	手術までの期間(カ月)	主なスポーツ種目
男性	C1	34.3±9.6	69.8±10.2	36.2±75.6	サッカー・フットサル(50名), スキー・スノーボード(30名), バasketボール(20名)
	C2	28.0±10.5	68.4±8.8	11.3±29.9	サッカー・フットサル(47名), Basketボール(16名), スキー・スノーボード(14名)
	C3	26.9±8.3	71.6±10.9	7.0±21.6	サッカー・フットサル(8名), スキー・スノーボード(4名), ラグビー(4名)
女性	C1	32.9±11.9	56.6±7.9	36.0±8.4	Basketボール(21名), バレーボール(20名), スキー・スノーボード(20名)
	C2	20.1±7.9	55.3±5.9	6.7±19.7	Basketボール(96名), サッカー・フットサル(21名), チアリーディング(18名)
	C3	21.0±4.2	57.8±10.6	3.3±5.4	サッカー・フットサル(7名), スキー・スノーボード(6名), 柔道(3名)

表 3 結果：男性筋力 (Nm/kg)

		C1	C2	C3	
60d/s 膝伸筋	健側	2.81 ± 0.56	2.95 ± 0.52	3.15 ± 0.35	**
	患側	2.27 ± 0.62	2.55 ± 0.58	2.78 ± 0.43	**
60d/s 膝屈筋	健側	1.36 ± 0.33	1.50 ± 0.29	1.60 ± 0.28	**
	患側	1.22 ± 0.33	1.37 ± 0.29	1.46 ± 0.41	**
180d/s 膝伸筋	健側	1.89 ± 0.38	1.98 ± 0.39	1.99 ± 0.46	
	患側	1.58 ± 0.42	1.73 ± 0.42	1.80 ± 0.43	**
180d/s 膝屈筋	健側	1.04 ± 0.24	1.12 ± 0.29	1.14 ± 0.35	*
	患側	0.95 ± 0.26	1.05 ± 0.30	1.03 ± 0.34	*

有意水準 P<0.05

* : C1 と C2 間

** : C1 と C3 間

表 4 結果：男性健患比 (%)

		C1	C2	C3	
健患比 60d/s	膝伸筋	81.1 ± 15.8	86.6 ± 14.1	88.7 ± 13.2	*
	膝屈筋	88.4 ± 17.3	92.3 ± 13.8	90.7 ± 16.7	
健患比 180d/s	膝伸筋	83.5 ± 14.7	87.2 ± 12.5	91.5 ± 14.1	**
	膝屈筋	91.8 ± 14.0	94.0 ± 18.7	91.6 ± 16.0	*

有意水準 P<0.05

* : C1 と C2 間

** : C1 と C3 間

れた。健患比は、C1 の 60d/s, 180d/s の膝伸筋以外は全て 80% 以上であった。

考 察

現在、当院では、年間約 500 例以上の再建術を施行しており、表 7 のプロトコールに沿って、通常 10 日程度の入院後、原則、術後 2 カ月までは 2 週に 1 回、それ以降は月 1 回程度の外来フォローを実施している。等速性筋力測定器を用いた筋力測定は術後 5 カ月から行い、8 カ月復帰を目標にリハビリを進めている¹¹⁾。この際、筋力評価では、健患比 80% 以上を復帰の指標としている。そして近年、この健患比の評価に加えて、体重比での評価も復帰の基準として考慮している。

膝筋力の体重比の報告では、健常者において若山ら¹⁰⁾は、男子陸上短距離選手で国際大会出場経験のある一流選手の、膝伸筋は 60d/s で 3.49, 180d/s で 2.41, 出場経験のない非一流選手で 60d/s

で 3.23, 180d/s で 2.03 であり、スポーツレベル間における有意な筋力差を報告している。また福島ら¹²⁾は、大学ラグビーで日本代表や県代表からなる代表群と一般群の比較において、有意差はみられないものの、レベル差がみられる傾向があることを報告している。これらの報告は、スポーツレベルの違いによって筋力差が存在するという我々の考えを裏付けている。

ACL 再建術後の体重比では、原¹³⁾は 6 カ月復帰時に患側の膝伸筋は 60d/s で 2.5, 180d/s で 1.5 以上の値であれば競技復帰を許可することを妥当としている。また三秋ら¹⁴⁾の報告では、競技レベルのスポーツ復帰のための膝伸筋の目安は、60d/s で 2.6, 180d/s で 1.8 としている。しかし、どちらの報告も性別や術前の詳細なスポーツレベルの分類がなされた復帰時期の筋力の指標を示した報告はなかった。

今回の我々の調査では、男女ともにスポーツレ

表 5 結果：女性筋力 (Nm/kg)

		C1	C2	C3	
60d/s 膝伸筋	健側	2.29 ± 0.43	2.46 ± 0.41	2.52 ± 0.36	* **
	患側	1.73 ± 0.50	2.07 ± 0.43	2.20 ± 0.51	* **
60d/s 膝屈筋	健側	1.09 ± 0.25	1.17 ± 0.28	1.27 ± 0.25	* **
	患側	0.90 ± 0.22	1.08 ± 0.39	1.13 ± 0.28	* **
180d/s 膝伸筋	健側	1.59 ± 0.37	1.76 ± 0.37	1.82 ± 0.38	* **
	患側	1.26 ± 0.39	1.51 ± 0.36	1.67 ± 0.42	* **
180d/s 膝屈筋	健側	0.86 ± 0.2	0.96 ± 0.26	1.02 ± 0.35	* **
	患側	0.78 ± 0.22	0.89 ± 0.24	0.95 ± 0.35	

有意水準 P<0.05

* : C1 と C2 間

** : C1 と C3 間

表 6 結果：女性健患比 (%)

		C1	C2	C3	
健患比 60d/s	膝伸筋	75.1 ± 14.4	84.8 ± 13.4	87.8 ± 15.3	* **
	膝屈筋	83.2 ± 13.5	87.7 ± 21.5	89.0 ± 13.7	*
健患比 180d/s	膝伸筋	79.3 ± 14.0	86.1 ± 13.0	91.1 ± 14.0	* **
	膝屈筋	92.0 ± 14.9	93.6 ± 14.3	89.7 ± 19.0	

有意水準 P<0.05

* : C1 と C2 間

** : C1 と C3 間

ベル間で、膝伸筋、膝屈筋共に差がみられ、C1とC2、C1とC3間で特に有意差が多く認められ類似の傾向であった。このことからACL再建術後の体重比にも、健常者同様、スポーツレベルによる筋力差があることがわかり、術前のスポーツレベルを考慮した目標値の設定が必要であることが示唆された。

膝屈筋に比べて膝伸筋は回復に苦慮することがあるため、臨床我々は膝伸筋をACL再建術後の膝筋力の指標としている。さらに、角速度60d/sの膝伸筋の筋力回復は、180d/sよりも時間がかかるとされる報告もみられる¹⁵⁾。今回カテゴリーの高い順に、男性膝伸筋の患側は、60d/sで、2.8、2.6、2.3、180d/sで1.8、1.7、1.6であった。これらの数値は、諸家の報告している数値と類似している

と共に、健患比においても80%以上の数値を示していることから、復帰時期の筋力目標値として妥当性があると考えられる。女性膝伸筋の患側は、60d/sで、2.2、2.1、1.7、180d/sで1.7、1.5、1.3であった。女性においては、一番下のカテゴリーの膝伸筋を除いて健患比80%以上であった。ACL再建術後の女性の筋力回復は、時間を要することが報告されていることから、特に女性のスポーツレベルが低い対象者には、膝伸筋の筋力改善のため、術前、術後の筋力トレーニングはもとより、術後のリハビリ介入頻度の増加や、競技復帰時期の考慮が必要であると考え¹⁶⁻¹⁸⁾。

ACL再建術後の筋力回復には様々な要因が報告されている。櫻井ら¹⁹⁾は術後の関節水腫による生理学的影響を、今屋ら¹¹⁾は術前の、山本ら²⁰⁾は

表7 当院における ACL 術後プロトコール

術後1日：病棟にてCPM開始
術後2日：訓練室にてリハビリ開始
ROM訓練…ヒールスライド
筋力訓練…Setting, SLR, クォータースクワットなど
歩行訓練…装具を除去・足踏み練習
術後1週：院内生活は杖を除去（但し、装具は装着）
階段練習開始 早期よりHHD：0獲得を目指す
術後10日前後：歩行の安定と可動域の獲得が得られれば退院
（外来リハビリフォローは1回/2週程度）
術後4週：エアロバイク 体幹トレーニングなど
術後6週：ステッパー（ステアマスター）・その場ジョグ開始
術後8週：ジョギング（外来リハビリフォローは月1回程度）
術後12週：サイドステップ動作 ハーキーステップ ランニング
術後4カ月：屈曲ROMの獲得 full レッグエクステンション ダッシュ
ジャンプ動作など
術後5カ月：Knee-Laxによる安定性評価 Biodexによる筋力評価
*健患比70%以上であれば非接触プレイ開始
術後8カ月：Knee-Laxによる安定性評価 Biodexによる筋力評価
*健患比80%以上であれば徐々にスポーツ復帰

術後の膝伸展制限の有無による筋力回復差を報告しており、膝の関節機能が重要であることを述べている。また堤ら²¹⁾は、術前の活動レベルが高いものは術後の筋力回復も良好であると報告している。これらのことから ACL 再建術後の筋力回復について、膝関節の機能改善はもとより術前のスポーツレベルを考慮することが重要である。我々も膝関節の機能改善を術前よりアプローチし、術後の早期筋力回復へ向けてリハビリを進めている。今回、スポーツレベル別に提示した筋力目標値は術前のスポーツレベルを考慮しており、復帰時期の指標として臨床で大きな意味があると考えられる。

また原²²⁾は高い競技レベルにおいて、健常者では、ラグビーなどのコンタクトスポーツは60d/sが、バレーボールなどのノンコンタクトスポーツは180d/sの筋力が高い数値を示すとしている。ACL再建術後もこれに類似した筋力の回復過程を示すとしており、スポーツ種目ごとの筋力特性を考慮すべきであるとしている。さらに、今回の対象者においてはどのカテゴリーも体重が著しく重かった者はいなかったが、黄川らによると体重が重い場合、体重比は低値を示すと報告されている²³⁾。同じスポーツ種目内でも柔道の様な階級制のスポーツや、ラグビーのようにFWとバックスのポジションによって求められる筋力の特性も違うことが予想される。このようなことを考慮しな

がら、今後は、スポーツ種目別、スポーツ種目内など、より詳細に ACL 再建術後のスポーツ復帰時期の筋力目標値を設定していくことを検討課題としたい。

まとめ

- ・ ACL 再建術前のスポーツレベルからスポーツレベル分類を行い、競技復帰時期である術後8カ月のスポーツレベル別の膝筋力を比較検討し、復帰時期の体重比での目標値の設定を行った。

- ・ 男女共に、スポーツレベル別に筋力は異なる傾向がみられ、スポーツレベルに比例し筋力は高くなる傾向がみられた。また、女性 C1 の膝伸筋を除いて全てのカテゴリーで健患比 80% 以上の数値を示した。

- ・ 今研究で示した膝筋力の体重比は、各スポーツレベルにおける競技復帰時期の筋力目標値になると考える。

文 献

- 1) 小柳磨毅ほか：標準的リハビリテーション. 臨床スポーツ医学 7:771-781, 2009.
- 2) 吉田久雄：半腱様筋・薄筋腱による前十字靭帯再建術. 臨床スポーツ医学 10:272-275, 1993.
- 3) 八木知徳：スポーツによる膝疾患と運動療法. 臨床整形外科 34:707-713, 1999.
- 4) 野上千絵ほか：早期スポーツ復帰を目指した膝前

- 十字靭帯再建術とリハプロトコール. 理学療法学 31: 21, 2004.
- 5) 別府昭美：膝前十字靭帯再建術後の筋力評価について. 第24回日本理学療法学科誌 16: 221, 1989.
 - 6) 舌 正史ほか：健常競技者の大腿四頭筋筋力評価について—競技種目別による検討—. 理学療法学 20(5): 283-288, 1993.
 - 7) 田中龍太ほか：膝前十字再建術後における術前・術後膝筋力の関連性について. 第30回関東甲信越ブロック学会誌. 156, 2011.
 - 8) 田中龍太ほか：膝前十字靭帯再建術後における術前・術後膝筋力の回復の推移について—スポーツレベル別の検討—. 第48回日本理学療法学会大会：運動. 121, 2013.
 - 9) 川上泰雄ほか：関節角度と随意最大筋力の関係における男女差. 日本体育学会 48(大会号): 265, 1997.
 - 10) 若山章信ほか：等速性筋力測定法による膝伸展筋の力—速度曲線および最大パワーの評価—. 体力科学 45: 413-418, 1996.
 - 11) 今屋 健：改訂版スポーツ外傷・障害に対する術後のリハビリテーション（内山英司, 岩嶺弘志監修）. 運動と医学の出版社, 184-276, 2013.
 - 12) 福島 斉ほか：大学ラグビー部新入部員の筋力測定について—代表群と一般群間の比較—. 日本臨床スポーツ医学会誌 8(1): 95-97, 2000.
 - 13) 原 邦夫：膝前十字靭帯再建術後の早期競技復帰の可能性について. 臨床スポーツ医学 6(12): 1337-1344, 1989.
 - 14) 三秋泰一ほか：前十字靭帯再建術後の筋力推移とスポーツ復帰. 理学療法学 20(suppl-1): 359, 1993.
 - 15) 舌間秀雄ほか：前十字靭帯再建術後の等速性膝筋力—測定時期による角速度影響—. 日本私立医科大学理学療法学会誌 16: 68-40, 1998.
 - 16) 牧本伸子ほか：膝前十字靭帯再建術後の筋力回復に性差が及ぼす影響. 北海道整形災害外科学会誌 43(1): 80, 2001.
 - 17) 中村憲正ほか：女性における膝前十字靭帯再建術後の筋力回復因子の不良因子の検討. リハビリテーション医学 37(11): 826-827, 2000.
 - 18) 渡辺佑介ほか：膝前十字靭帯再建術後における通院頻度が筋力回復に及ぼす影響. 日本臨床スポーツ医学会誌 18(4): S143, 2010.
 - 19) 櫻井敬音ほか：膝前十字靭帯再建術後の筋力回復とスポーツ復帰. 臨床スポーツ医学 28(1): 55-61, 2011.
 - 20) 山本敬之ほか：膝前十字靭帯再建術後の伸展制限と筋力回復の遅延. 日本臨床スポーツ医学会誌 19(4): S128, 2011.
 - 21) 堤康次郎ほか：膝屈筋腱を用いた前十字靭帯再建術後の膝伸展筋力の回復について. 整形外科と災害外科 51: 287-290, 2002.
 - 22) 原 邦夫：膝前十字靭帯再建術後の筋力回復過程における競技種目特性および筋力別の競技復帰について. 関節外科 12(6): 598-604, 1993.
 - 23) 黄川昭雄ほか：スポーツ障害予防のための下肢筋力評価. 整形外科スポーツ医学会誌 6: 141-145, 1987.

(受付：2015年4月30日, 受理：2015年9月30日)

Isokinetic muscle strength parameters of return to sports after knee anterior cruciate ligament reconstruction surgery —Target value of muscle strength related to gender and sports level—

Tanaka, R.^{*1}, Imaya, T.^{*1}, Fujishima, R.^{*1}
Nakayama, S.^{*1}, Kawamura, M.^{*1}, Uchiyama, E.^{*2}

^{*1} Central Department of Rehabilitation Medicine, Kantoh Rousai Hospital

^{*2} Sports Orthopedic Surgery, Kantoh Rousai Hospital

Key words: anterior cruciate ligament, knee muscle strength, target value

[Abstract] The purpose of this study was to set the target value in peak torque (Nm/kg) per weight to return to sport after knee anterior cruciate ligament reconstruction surgery. Subjects were 306 males and 362 females, and were classified by gender and at three sports levels. Isokinetic muscle strength was assessed using an isokinetic measuring instrument (Biodex System 3). Both sound and the affected sides of knee extension and flexion muscle strength were measured at 60 deg/sec (60 d/s) and 180 deg/sec (180 d/s), and were compared to measure the difference in the mean value. As a result of these findings, there was muscular strength difference both in males and females according to their sports level. It was concluded that each target value in descending order of sports level was 2.8, 2.6, and 2.3 at 60 d/s and 1.8, 1.7, 1.6 at 180 d/s in males, and 2.2, 2.1, 1.7 at 60 d/s and 1.7, 1.5, 1.3 at 180 d/s in females, respectively.